

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-196367

(43)Date of publication of application : 19.07.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/312

(21)Application number : 2000-003292

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 12.01.2000

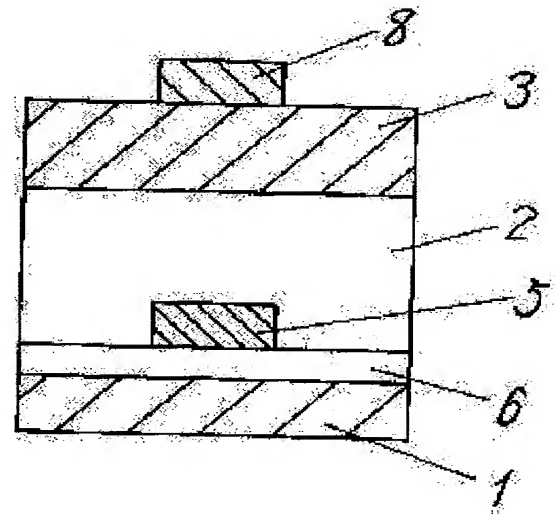
(72)Inventor : MITSUSHIMA TAKESHI

## (54) SEMICONDUCTOR DEVICE AND PRODUCING METHOD THEREFOR

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a low dielectric constant film structure, a semiconductor device using the same and a producing method therefor, with which working to be used for a layer insulating film is facilitated, the increase of a dielectric constant caused by moisture absorption is reduced and problems such as film release, crack, gas discharge and low withstand voltage are reduced.

**SOLUTION:** An SiOC film deposited for the film thickness of about 200 nm while making a temperature on the surface of a substrate  $\leq 400^{\circ}\text{C}$  is deposited on a low dielectric constant organic film in a reducing atmosphere. With the SiOC film as a mask, the organic film under that SiOC film can be etched as well.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-196367  
(P2001-196367A)

(43) 公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 21/312

識別記号

F I  
H 0 1 L 21/312

テームト\* (参考)  
M 5 F 0 5 8

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-3292 (P2000-3292)

(22) 出願日 平成12年1月12日 (2000.1.12)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 光嶋 猛

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業  
株式会社内

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

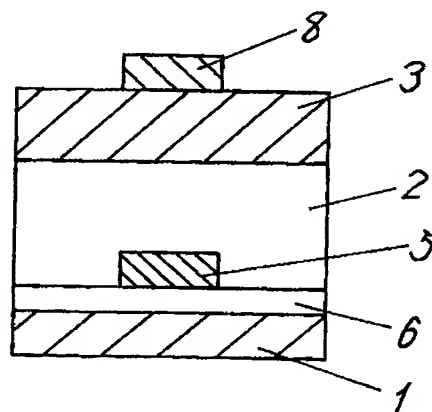
Fターム (参考) 5F058 AA10 AC10 AD09 AD10 AF04  
AG01 AH02 BA20 BD03 BD06  
BD19 BF07 BF23 BF25 BF29

(54) 【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 層間絶縁膜に用いるための加工が容易で吸湿による誘電率の上昇が少なく、膜剥がれ、クラック、ガス放出、低耐圧等の問題の少ない低誘電率膜構造、これを用いた半導体装置、及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 低誘電率の有機膜上に、基板温度表面の温度を400℃以下にして堆積した膜厚200nm程度のSiOC膜を還元性雰囲気中で堆積する。SiOC膜をマスクとしてその下の有機膜をエッチングすることもできる。



膜にクラックが入るため、層間絶縁膜としての絶縁機能を十分に果たさなくなる。

【0007】また有機膜は一般に耐熱性が低い。例えば半導体プロセス用に開発されている有機膜の一つであるフッ素樹脂の分解温度は通常420℃～450℃程度である。しかしながら、一般にフルオロカーボン膜のような有機膜を形成した後に高温プロセスを行った場合、有機膜から微量のガスが発生し、有機膜上に形成した酸化シリコン膜が剥離するという問題を引き起こす。

【0008】一方、フルオロカーボン膜のような有機膜表面の酸素プラズマに対する耐性を高めるために、有機膜上に窒化シリコン膜あるいは通常の酸化シリコン膜よりもシリコン原子を多く含む膜を形成する方法が提案されている。しかしながら、前者の窒化シリコン膜は比誘電率が7程度と高いこと、後者のシリコン原子を多く含む酸化シリコン膜も比誘電率が5程度と高く、しかも水素を多く含むために膜質が経時変化(劣化)すること等の問題があった。

【0009】さらに、フルオロカーボン(有機)膜上に酸化シリコン膜を形成する場合、フルオロカーボン(有機)膜の機械的強度が従来の酸化シリコン膜よりも非常に弱いので、酸化シリコン膜のストレス、吸湿性を制御する必要がある。すなわち、酸化シリコン膜のストレスが大きいと、フルオロカーボン(有機)膜が裂ける等の問題を起こす。

【0010】上記課題を解決するための層間絶縁膜の形成方法が例えば特開平11-87342号公報等に開示されている。この形成方法は、基体上に形成した有機膜上に化学的気相成長によってシリコン系(例えば酸化シリコン、フッ化酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化シリコン、フッ化酸化窒化シリコン等)の絶縁膜を形成する層間絶縁膜の形成方法であって、この化学的気相成長は還元性雰囲気で行うものである。その際、化学的気相成長雰囲気中に供給される原料ガスにはシラン系ガスをを用い、そのシラン系ガスを酸化するためのガスに一酸化二窒素を用いるというものであった。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、基体上に形成した有機膜上に化学的気相成長によってシリコン系(例えば酸化シリコン、フッ化酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化シリコン、等)の絶縁膜を形成する層間絶縁膜の構造及び形成方法では、層間絶縁膜の低誘電率化の効果が小さい。例えば有機膜として、比誘電率が2.7程度のフッ化ポリアリルエーテル系樹脂を用いた場合でも、その上層に形成するシリコン系の絶縁膜の比誘電率はフッ素を含まないものでは4.3程度であり、有機膜とシリコン系の絶縁膜との膜厚比にもよるが、2層の絶縁膜の合成誘電率は3.5程度と無機のSiOF膜とほとんど有意差がない。

【0012】また、有機膜上層に無機のSiOF膜を形

成すれば2層の絶縁膜の合成誘電率を下げる事が可能であるが、無機のSiOF膜は吸湿し易く、吸湿すれば比誘電率が4.3以上になるため、上層にシリコン系の絶縁膜を用いた場合より合成誘電率が上昇するという問題がある。

【0013】また、最近では従来の有機膜と酸化シリコン膜との中間的な性質を有するSiOC膜の検討がされているが、この膜はドライエッチングが難しいという問題がある。これは、有機膜、無機膜の中間的な性質のために有機膜、無機膜ともエッチングできるような条件で加工しなければならないため、有機膜のように酸化シリコン膜のハードマスクを用いることはできず、なおかつレジストの選択比は2程度と低いためである。よって単層で500nm前後の膜厚を有する絶縁膜に適用するのは難しい。

【0014】本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、上述したような低誘電率膜の表面の酸化、剥離、ストレスによるクラック、ガス放出、低耐圧といった問題が無く、加工性に優れた、十分に低い低誘電率を得ることができる絶縁膜構造を実現しそのような構造を備える半導体装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明が上記課題を解決するために講じた手段は、絶縁性の有機膜上に、前記有機膜に対してエッチング選択性を有し、比誘電率が3以下の非吸湿性の絶縁膜を形成した絶縁膜構造である。具体的には絶縁膜構造として有機膜上にSiOC膜を設けた構造になっている。そして、その製造方法は、基板上に有機膜を形成する工程と前記有機膜上にメチルシラン系ガスと一酸化二窒素とを用いた還元性雰囲気でのプラズマCVDによって、SiOC膜を形成する工程とを備えている。

【0016】従来のSiOC膜のCVDでは、基板温度は400℃を超える場合が一般的であった。これは500nm程度の厚いSiOC膜を形成する場合に、基板温度が低いと引っ張りの膜ストレスが増加したりクラックが発生したりするといった問題や膜厚の均一性が悪いといった問題があるからである。本発明は、基板表面の温度を400℃以下としているのが特徴であるが、膜厚が200nm程度と薄いので、このようにしても上述の問題は生じない。また、400℃以下の温度領域ゆえに、下地の有機膜が熱分解するなどの問題も生じない。

【0017】本発明は、有機膜上にSiOC膜を設けた絶縁膜構造であるので、すべてを有機膜で構成した絶縁膜構造と比べ、有機膜の表面の酸化、剥離、ストレスによるクラック、ガス放出、低耐圧といった問題を回避することができる。またSiOC膜が薄いので、すべてをSiOC膜で構成した絶縁膜構造と比べ、加工性が向上している。さらにはSiOC膜自身が低誘電率膜である

ことから、合成誘電率が十分に低い絶縁膜構造を得ることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】本発明の絶縁膜構造に係る第1の実施形態を、図1を用いて説明する。

【0019】図1は本発明の絶縁膜構造に係る第1の実施形態を示す断面図である。図1に示すように、基板1上に絶縁膜6が形成されていて、絶縁膜6上に下層配線5が形成されている。絶縁膜6と下層配線5を覆うように有機膜2が形成されている。さらにその上に有機膜2に対して選択的に除去が可能であって、比誘電率が3以下の非吸湿性の膜3が形成されている。有機膜2は比誘電率が3以下の有機膜である。また膜3は例えばSiOC膜である。SiOC膜はCの濃度を変化させることで誘電率を3以下にすることができ、非吸湿性の膜である。また有機膜に対して例えばドライエッチングにおける選択性を得ることができる。さらにこのSiOC膜は膜中の炭素濃度が10atomic%（これ以降at%と記す）以上50at%以下である。図2に示すように炭素濃度がこの範囲にあれば、SiOC膜は低誘電率膜として機能する。なお、炭素濃度が50at%を超えると、窒素、酸素混合ガスのプラズマにさらされた際に膜中の炭素が離脱することによる膜収縮でクラックが発生する。

【0020】図1において、有機膜2の膜厚が500nm、比誘電率が2.7、SiOC膜3の膜厚が200nm、比誘電率が2.9であるとする、合成比誘電率は約2.84となる。この値は、半導体装置の低消費電力化および高速化に十分な効果がある。

【0021】本発明の第1の実施形態で説明した構成を設けることにより、低誘電率膜の耐酸化性、耐熱性、耐圧、耐ストレス性等が低いといった問題を回避することができる。

【0022】なおSiOC膜3の膜厚を200nmとしたが、この膜厚は、有機膜2の膜厚や有機膜2とSiOC膜のエッチング選択比あるいはSiOC膜3とレジストとのエッチング選択比を考慮して決められる値である。例えば有機膜2の膜厚が500nmであれば、SiOC膜は100から300nmで有れば良い。

【0023】次に本発明の第2の実施形態について、図3を用いて説明する。図3は本発明の絶縁膜構造に係る第3の実施形態を示す断面図である。これはいわゆるダマシン構造の配線に用いた例である。図3において基板1上に形成された絶縁膜6上に、下層配線5が形成されている。絶縁膜6及び下層配線5を覆うように、有機膜2が形成されており、さらにその上にSiOC膜3が形成されている。有機膜2及びSiOC膜3が加工されて、コンタクトプラグ開口7aと配線溝8aが形成され、ここに金属膜が埋め込まれて、コンタクトプラグ7及び上層配線8が形成されている。

【0024】近年の半導体装置では多層配線が用いられており、本発明の第2の実施形態で示した構成は何層も積み重ねて用いられることとなる。

【0025】次に本発明の第3の実施形態について、図4を用いて説明する。図4は本発明の絶縁膜構造に係る第3の実施形態を示す断面図である。図4において、基板1上に形成された絶縁膜6上に下層配線5が形成されている。配線5は図4(a)に示すような通常のエッチングにより形成された配線であってもよいし、図4

(b)に示すようないわゆるダマシン法を用いて絶縁膜6中に形成された埋め込み配線であってもよい。絶縁膜6及び配線5上に第1の有機膜2aが形成されており、その上に第1のSiOC膜3aが形成されている。さらにその上に第2の有機膜2bと第2のSiOC膜3bが形成されている。第1の有機膜2a及び第1のSiOC膜3a中にはコンタクトプラグ7が形成されている。第2の有機膜2b及び第2のSiOC膜3b中には埋め込み配線8が形成されている。このような構成を用いることで、後述するように、コンタクトプラグ7や配線8の形成が容易になる。

【0026】また、近年の半導体装置では多層配線が用いられており、本発明の第3の実施形態で示した構成は何層も積み重ねて用いられることとなる。

【0027】なお、本発明の第1乃至第3の絶縁膜構造を有する半導体装置では、配線間、層間の絶縁膜の比誘電率が十分低いため、高速動作が可能となる。

【0028】本発明の第4の実施形態として本発明に係る半導体装置の製造方法を、図1を参照しながら説明する。基板上に形成された絶縁膜6上に下層配線5を形成する。次に下層配線5上に、有機膜2を形成する。有機膜2としてここでは、フッ化ポリアリルエーテル系樹脂を例えば500nmの厚さに成膜する。まずフッ化ポリアリルエーテル系樹脂をフルオロカーボン系の溶剤に溶かしたものを回転塗布法により基板1上に塗布する。その後、不活性な雰囲気として例えば窒素ガス1気圧の雰囲気中で100℃、2分間のベーキングを行う。

【0029】続いて、不活性な雰囲気として例えば窒素ガス雰囲気中350℃のアニーリングを行う。

【0030】次いで、メチルシラン系ガスであるトリメチルシランに酸化性ガスである一酸化二窒素を添加したガスを用いたプラズマCVD法によって例えば膜厚200nmのSiOC膜3を形成する。このとき、トリメチルシランといった還元性の強いガスを用いることにより、成膜雰囲気は還元性雰囲気に保たれる。

【0031】その結果、有機膜2の表面はプラズマCVD中においても酸化され難くなる。なお、酸化性ガスである一酸化二窒素が添加されていても、成膜雰囲気は還元性雰囲気に保たれるのは、一酸化二窒素は主としてトリメチルシランと反応するためである。ゆえに、有機膜2表面を酸化されることはほとんどないため有機膜2表

面が面荒れを起こさず、有機膜2上に成膜されたSiOC膜3が剥がれるという問題も起こらない。

【0032】なお本実施の形態では還元性の原料ガスとしてメチルシラン系ガスを用いたが、一般式SiR<sub>1</sub>R<sub>2</sub>R<sub>3</sub>R<sub>4</sub>（R<sub>1</sub>からR<sub>4</sub>の内、少なくとも一つはアルキル基であり他は水素である。）で表される有機シラン系ガスであればよい。そのようなガスとして例えばエチルシラン系ガスを用いることが可能である。また酸化性ガスとしては酸素、オゾンを除く酸化性ガスであれば良い。

【0033】なお、SiOC膜の炭素濃度は20at%以上50at%以下になるような条件で成膜することが好ましい。また成膜表面の温度は、SiOC膜3が成長する温度以上400℃以下にする。400℃よりも高い温度では、成膜されたSiOC膜が剥がれる原因となるガス（フッ化ポリアリルエーテル系樹脂の熱硬化工程で耐熱性の構造を形成できなかった部分が徐々にガスとなって放出されるもの）が有機膜2から放出される。また400℃よりも高い温度では有機膜2が熱分解されるおそれがある。なおSiOC膜3が成長する温度としては0℃以上であるが、好ましくは300℃以上の温度が望ましい。

【0034】本実施の形態で有機膜としては、フッ化ポリアリルエーテル系樹脂を用いたが、この他有機SO<sub>2</sub>G、フルオロカーボンポリマー、ポリイミド、ポリパラキシリレンなどの低誘電率有機材料であれば良い。またフッ化ポリアリルエーテル系樹脂としては例えばFLARE（商品名）が実用化されている。

【0035】次に本発明に係る半導体装置の製造方法について説明する。

【0036】本発明の第5の実施形態として本発明に係る半導体装置の製造方法を、図5を参照しながら説明する。図5（a）に示すように基板として半導体基板であるシリコン基板1上（基板上の絶縁膜は図示せず）に、第4の実施形態で説明した方法により有機膜2、SiOC膜3を形成し、レジストパターン9により開口パターン7aを形成する。有機膜2、SiOC膜3の形成方法は第4の実施形態で説明した方法を用いれば良い。次に、図5（b）に示すように、レジストパターン9をマスクとしてSiOC膜3をドライエッチングする。SiOC膜3をドライエッチングする条件は、例えばCF系のガスと酸素を用いる通常のシリコン酸化膜をエッチングする条件で良い。この場合、SiOC膜のレジスト膜に対するエッチングレート比は2程度と小さいが、SiOC膜3の厚さが例えば200nmの場合、レジスト膜厚が100nm以上あればドライエッチング中にレジストがなくなることはない。また、SiOC膜3をエッチングする際のオーバーエッチングにより、開口パターン7a下の有機膜2も最大50nm程度エッチングされることがある。

【0037】次に図5（c）に示すように、レジスト9を除去する。このとき、通常の酸素プラズマによるエッチングを行うと開口パターン7a下の有機膜2もエッチングされてしまうことがある。よって、有機膜2に対して選択的にレジストを除去できる薬液、例えばEKCによる洗浄でレジストを除去する方法を用いることが可能である。

【0038】次に図5（d）に示すように、SiOC膜3をマスクとして、有機膜2のドライエッチングを行い、接続孔7bを形成する。このドライエッチングは、例えば誘導結合型プラズマ（ICP）などの高密度プラズマ源を用いて窒素、酸素混合ガスにより行う。この後、接続孔7bに金属が埋め込まれて、コンタクトプラグ7が形成される。

【0039】本実施形態では、SiOC膜の膜厚が200nm程度と薄いので、ドライエッチングが容易である。またSiOC膜をマスクとして有機膜をエッチングしているの、選択比を得やすく、良好なパターン形成が可能となる。

【0040】次に本発明の、第5の実施形態の変形例1について図6を用いて説明する。図6（a）、及び（b）に示すように、第5の実施形態で説明した方法により、有機膜2とSiOC膜3からなる積層構造を形成し、SiOC膜3をレジストパターン9により開口する。次に、図6（c）に示すように、レジスト9を除去することなく、有機膜2をエッチングする。すなわちレジスト9とSiOC膜3をマスクとして有機膜2をエッチングする。エッチングは例えば窒素、酸素混合ガスを用いたICPプラズマエッチングにより行う。このとき、SiOC膜3のエッチングと同一装置内でガスを切り替えてエッチングしても良いし、別の装置で行っても良い。

【0041】次に、図6（d）に示すように、残ったレジスト膜を除去する。除去方法は第5の実施形態で示した方法を用いれば良い。

【0042】この第5の実施形態の変形例1ではSiOC膜3を開口したレジスト膜を除去せずに有機膜2のエッチング用マスクとして用いている。よって、第5の実施例と比較してSiOC膜3をより薄く形成することができる。SiOC膜3が薄ければ、SiOC膜3の加工性が向上する。

【0043】次に本発明の、第5の実施形態の変形例2について図7を用いて説明する。図7（a）、及び（b）に示すように、第5の実施形態で説明した方法によりSiOC膜3をレジストパターン9により開口する。次にレジストパターン9を除去することなく、有機膜2をエッチングする。このときレジスト膜が薄ければ、図7（c）に示すように、エッチング中にレジスト膜が除去される。その後は図7（d）に示すようにSiOC膜3をマスクとして有機膜2をエッチングし、接続